

## ОЦЕНКА УРОВНЯ ГОТОВНОСТИ СИСТЕМ К ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ НА ТЕХНИЧЕСКОМ УРОВНЕ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ

Нестеров А.А.

*Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков д.22, корп.1, литера А, Ж, e-mail: nesterov.aa@sut.ru*

В работе рассмотрены аспекты и параметры, составляющие содержание технического уровня интероперабельности, проводится анализ исследований, связанных с вопросами технической интероперабельности информационных систем в части определения и обоснования параметров готовности систем к взаимодействию между собой. В результате анализа была выявлена недостаточная проработка научно-методического аппарата при проведении оценки уровня готовности систем к взаимодействию между собой на современном этапе исследований. В работе показано, что уровень готовности систем к взаимодействию зависит от набора параметров готовности объектов и систем к взаимодействию между собой. Выявлено, что в число таких параметров входят как внутренние параметры, характеризующие уровни готовности объектов и подсистем внутри конкретной системы, так и внешние параметры, определяющие готовность к взаимодействию двух (или более) систем. Для каждого из рассматриваемых параметров введены и описаны уровни этой готовности – от уровня 0 («неподготовленный») до уровня 4 («адаптивный»). В работе предложена методика оценки уровня готовности систем к взаимодействию между собой, учитывающая внутренние и внешние параметры готовности объектов и систем к взаимодействию. Проведена оценка уровня готовности систем к взаимодействию между собой на примере двух информационных систем – системы «Бонч.РИД» (разработчик - Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича) и сервиса федерального института промышленной собственности (ФИПС) «Подача заявки на изобретение, полезную модель, товарный знак». Сделан вывод о готовности к взаимодействию этих информационных систем. Предложены направления дальнейших исследований в целях применения полученных и разработки новых элементов научно-методического аппарата, обеспечивающих повышение качества интероперабельности на техническом уровне при взаимодействии различных подсистем информационных систем и их компонентов на семантическом и организационном уровнях. Представляется актуальным использовать элементы предложенной методики при оценке уровня технической интероперабельности по другим параметрам, в том числе по параметрам совместимости сетевых протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания.

Ключевые слова: интероперабельность, техническая интероперабельность, информационная система, готовность к взаимодействию, уровень зрелости системы.

## ASSESSMENT OF THE SYSTEM READINESS LEVEL FOR INTERACTION AT THE TECHNICAL LEVEL OF INTEROPERABILITY

Nesterov A.A.

*The Bonch-Bruevich St Petersburg State University of Telecommunications, 193232, St Petersburg, Bolshevikov Prospect, 22, building 1, e-mail: nesterov.aa@sut.ru*

The paper considers the aspects and parameters that make up the content of the technical level of interoperability, analyzes studies related to the issues of information systems technical interoperability in terms of defining and substantiating the systems readiness parameters to interact with each other. The analysis revealed insufficient development of the scientific and methodological apparatus when assessing the systems readiness level for interaction with each other at the current stage of research. The paper shows that the systems readiness level for interaction depends on a set of objects and systems readiness parameters to interact with each other. It was revealed that such parameters include both internal parameters characterizing the objects and subsystems readiness levels within a specific system, and external parameters determining the readiness of two (or more) systems to interact. For each of the parameters under consideration, levels of this readiness are introduced and described - from level 0 ("unprepared") to level 4 ("adaptive"). The paper proposes a methodology for assessing the systems readiness level to interact with each other, taking into account the internal

**and external objects and systems readiness parameters to interact. The systems readiness level for interaction with each other was assessed using the example of two information systems - the Bonch.RID system (developed by The Bonch-Bruevich St Petersburg State University of Telecommunications) and the service of the Federal Institute of Industrial Property (FIPS) "Filing an application for an invention, utility model, trademark". A conclusion was made about the readiness of these information systems for interaction. Directions for further research are proposed for the purpose of applying the obtained and developing new elements of the scientific and methodological apparatus that ensure an increase in the quality of interoperability at the technical level during the interaction of various subsystems of information systems and their components at the semantic and organizational levels. It seems relevant to use the elements of the proposed methodology when assessing the technical interoperability level by other parameters, including the parameters of compatibility of network protocols, interfaces and quality of service requirements.**

---

Keywords: interoperability, technical interoperability, information system, readiness for interaction, system maturity level.

## **Введение**

В настоящее время одним из актуальных направлений развития информационных систем является их интеграция и совершенствование взаимодействия между собой. Внедрение в различных областях сложных гетерогенных информационных систем является причиной того, что как в России, так и за рубежом актуализируются вопросы исследований в области интероперабельности таких систем. Под интероперабельностью в данной работе понимается способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена. В соответствии с эталонной моделью взаимодействие информационных систем формализуется на трех иерархических уровнях интероперабельности: техническом, семантическом, организационном<sup>1</sup>.

В настоящий момент зарубежные исследования в области интероперабельности ведутся для информационных систем различного назначения и масштаба, среди которых можно выделить информационные системы, используемые в здравоохранении [1-2], государственном секторе [3] и электронном правительстве [4]), а также для социальных сетей [5] и систем поддержки принятия решений [6].

В работе [7] рассматриваются вопросы «сетевой (network) интероперабельности» при развитии будущих сетей 6G применительно к вопросам интеграции и совместимости в различных областях Интернета вещей (IoT). Ряд исследователей рассматривает вопросы интероперабельности применительно к уровням готовности взаимодействующих систем и технологий [8-9]. В своих работах, авторы, как правило, выделяют уровни интероперабельности, соответствующие отечественной эталонной модели (технический, семантический, организационный), однако в работах не содержится исчерпывающего описания научно-методического аппарата оценки уровня интероперабельности на техническом уровне интероперабельности.

В Российской Федерации в исследованиях интероперабельности значимую роль играет научная школа, возглавляемая сотрудником Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук профессором А.Я. Олейниковым, которая объединила многих специалистов из разных городов и областей исследований. Учеными научной школы под руководством А.Я. Олейникова получены значимые общие результаты в области интероперабельности для информационных систем самого широкого класса и назначения – в здравоохранении [10, 11], в электронной коммерции [12], в образовательном процессе [13], в научных исследованиях [14], в облачных вычислениях [15], в промышленности [16], а также в области обеспечения обороноспособности нашей страны [17-20]. Различные аспекты проблемы интероперабельности исследуются специалистами в других областях, например, в области здравоохранения – В.А. Дрогвозом [21-23].

В настоящее время исследования интероперабельности представителями научной школы А.Я. Олейникова продолжаются, и среди значимых результатов можно выделить работы [24–29]. Следует отметить работу [30], в которой представлена расширенная модель интероперабельности. В этой связи представляют интерес исследования на техническом уровне интероперабельности, который в [30] определяется как уровень интероперабельности, на котором формализуются процессы информационного взаимодействия между техническими системами, техническими средствами, аппаратными и программными комплексами с учетом особенностей реализации их интерфейсов и протоколов обмена информацией, а также форм и форматов представления информации. Аспекты и параметры, составляющие содержание технического уровня интероперабельности, представлены на рис. 1.

---

<sup>1</sup> ГОСТ Р 55062-2021. Информационные технологии. Интероперабельность. Основные положения. – М.: Российский институт стандартизации, 2021. – 12 с.



Рис. 1. Аспекты и параметры, составляющие содержание технического уровня интероперабельности

Таким образом, одним из аспектов технического уровня интероперабельности являются параметры готовности объектов и систем к взаимодействию между собой.

В [30] показано, что уровень готовности объектов и систем к взаимодействию зависит от набора параметров готовности объектов и систем к взаимодействию между собой, а также определены и описаны уровни этой готовности, однако при этом научно-методического аппарата для оценки такой готовности автором не предлагалось.

В дальнейшем, с целью унификации, мы будем говорить о взаимодействии систем, понимая под системой данное в [30] определение: «система – комбинация взаимодействующих элементов, организованных для достижения одной или нескольких поставленных целей».

Целью данной статьи является разработка методики оценки уровня готовности систем к взаимодействию между собой на техническом уровне интероперабельности

#### **Параметры готовности систем к взаимодействию и уровень готовности системы**

Параметрами готовности систем к взаимодействию между собой в [30] определены:

- уровень технологической готовности  $i$ -ой технологии (объекта) в составе системы ( $T_i$ ). Данный параметр характеризует соответствие рассматриваемой технологии (объекта) либо определенному этапу её жизненного цикла (от замысла до готовности к серийному выпуску), либо качественной степени её развития (от неразвитого до развитого в максимальной степени);

- уровень готовности  $i$ -ой технологии (объекта) к интеграции в систему ( $I_i$ ). Уровень готовности технологии (объекта) к интеграции в систему – это показатель, описывающий зрелость механизмов интеграции рассматриваемой технологии (объекта) с другой технологией (объектом) в составе единой системы. В России методика оценки уровня готовности технологии к интеграции введена в действие ГОСТ Р 58048-2017 «Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий»;

- уровень зрелости  $j$ -ой и  $k$ -ой систем к взаимодействию между собой ( $Z_{jk}$ ). Данный параметр характеризует степень возможностей, необходимых для получения или повышения уровня функциональной совместимости данной системы с другими системами в области их взаимодействия [30];

- уровень готовности  $j$ -ой и  $k$ -ой систем к взаимодействию по отношению к основным категориям систем ( $D_{jk}$ ):

- а) платформенным процессам;
- б) информационным процессам;
- в) информационным службам;
- г) данным.

Данный показатель характеризует готовность информационных систем к взаимодействию в контексте различных организованных и протекающих в системах процессов и функционирующих в них служб: платформенных и информационных процессов, информационных служб и данных.

– уровень готовности среды взаимодействия при взаимодействии  $j$ -ой и  $k$ -ой систем ( $E_{jk}$ ). Данный параметр характеризует готовность среды взаимодействия при организации обмена информацией между двумя информационными системами.

Вышеуказанные параметры готовности систем к взаимодействию представлены на рис. 2.

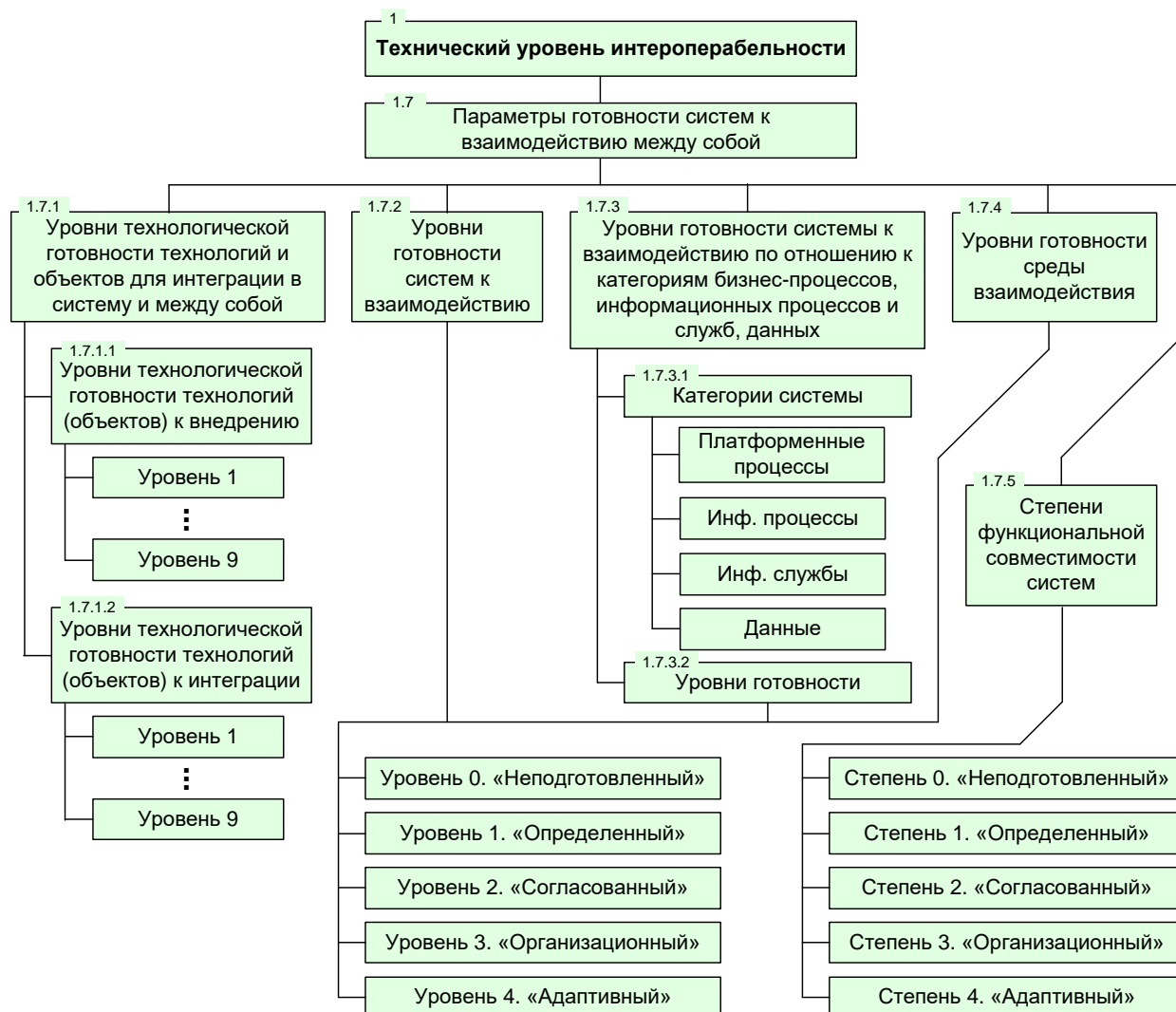


Рис. 2. Основные параметры готовности систем к взаимодействию между собой

Для оценки готовности любой пары  $j$ -ой и  $k$ -ой систем к взаимодействию между собой необходимо учесть все рассмотренные выше параметры. При этом такие параметры как уровень технологической готовности  $i$ -ой технологии (объекта)  $T_i$  и уровень готовности  $i$ -ой технологии (объекта) к интеграции в систему  $I_i$  являются внутренними параметрами, характеризующими уровень готовности внутри конкретной системы ( $C_j$  и  $C_k$  для  $j$ -ой или  $k$ -ой соответственно). В свою очередь, такие параметры как уровень зрелости систем к взаимодействию между собой  $Z_{jk}$ , уровень готовности систем к взаимодействию по отношению к основным категориям систем  $D_{jk}$  и уровень готовности среды взаимодействия  $E_{jk}$  рассматриваются по отношению к взаимодействию произвольных  $j$ -ой и  $k$ -ой систем, и являются внешними параметрами, характеризующими взаимодействующую пару систем. В конечном итоге, готовность  $j$ -ой и  $k$ -ой систем к взаимодействию можно представить как функцию  $B_{jk}$ :

$$B_{jk} = f_1(C_j, C_k, Z_{jk}, D_{jk}, E_{jk}), \quad (1)$$

где  $B_{jk}$  – уровень готовности систем к взаимодействию, который зависит от уровней готовности  $j$ -ой и  $k$ -ой систем  $C_j$  и  $C_k$ , уровня зрелости  $j$ -ой и  $k$ -ой систем к взаимодействию между собой  $Z_{jk}$ , уровня готовности  $j$ -ой и  $k$ -ой систем к взаимодействию по отношению к основным категориям систем  $D_{jk}$  и уровня готовности среды взаимодействия  $E_{jk}$ .

Ранее в работе [31] исследователями В. Sauser, J. Ramirez-Marquez, D. Verma, R. Gove из Технологического института Стивенса был предложен параметр SRL (System Readiness Level, уровень готовности системы) как показатель, характеризующий зрелость системы и применяемый в концепции управления системным проектированием. SRL зависит как от уровня готовности технологии (TRL, Technology Readiness Level), так и от уровня готовности к интеграции (IRL, Integration Readiness Level), то есть:

$$SRL = f(TRL, IRL). \quad (2)$$

В дальнейшем в [32] авторы развили этот подход и предложили математический аппарат для расчета уровня готовности системы SRL. Ими была предложена концепция, в которой уровень готовности системы  $[SRL]_{n \times 1}$  является произведением матриц уровня готовности к интеграции  $[IRL]_{n \times n}$  и уровня готовности технологии  $[TRL]_{n \times 1}$ :

$$[SRL]_{n \times 1} = [IRL]_{n \times n} \times [TRL]_{n \times 1}, \quad (3)$$

где  $n$  - количество рассматриваемых технологий (подсистем) в составе системы. В данной концепции матрица  $[TRL]_{n \times 1}$  представляет собой матрицу с одним столбцом, содержащим значения TRL каждой из  $n$  технологий (подсистем) в составе системы. Матрица  $[IRL]_{n \times n}$  в данной концепции является симметричной квадратной матрицей (размера  $n \times n$ ) всех возможных интеграций любых двух технологий (подсистем) в составе системы. Значения в матрицах нормированы и находятся в диапазоне (0, 1).

В случае, когда две технологии не планируются к интеграции, значению IRL, предполагаемому для этих конкретных технологий, присваивается максимальный уровень 1. На основе этих двух матриц получается матрица  $[SRL]_{n \times 1}$  путем получения произведения матриц  $[IRL]_{n \times n}$  и  $[TRL]_{n \times 1}$ , как показано в выражении (3). Таким образом, в рамках данной концепции результирующая матрица  $[SRL]_{n \times 1}$  состоит из одного столбца, в который входит по одному элементу для каждой из входящих в систему  $n$  технологий. Каждое из значений SRL попадает в интервал (0, n). Для обеспечения согласованности эти значения SRL следует разделить на  $n$ , чтобы получить нормализованное значение в промежутке (0, 1).

В Российской Федерации в 2018 г. ГОСТ Р<sup>2</sup> была определена схожая методика оценки уровня готовности (зрелости) системы на основании параметров  $T_i$  (уровень готовности  $i$ -ой технологии (подсистемы) в составе системы) и  $I_{ij}$  (уровень готовности к интеграции для  $i$ -ой и  $j$ -ой пары технологий (подсистем)). В результате применения данной методики для каждой системы можно определить её уровень готовности (зрелости) как матрицу  $[C]_{n \times 1}$ , которая определяется как произведение матрицы уровня готовности  $i$ -ой технологии (подсистемы) к интеграции в систему  $[I]_{n \times n}$  и матрицы уровня технологической готовности  $i$ -ой технологии (подсистемы)  $[T]_{n \times 1}$ :

$$[C]_{n \times 1} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ C_n \end{bmatrix} = [I]_{n \times n} \times [T]_{n \times 1}, \quad (4)$$

где  $n$  — количество рассматриваемых технологий (подсистем) в составе системы. Таким образом, в соответствии с ГОСТ результирующая матрица  $[C]_{n \times 1}$  состоит из одного столбца, в который входит по одному элементу для каждой из составляющих  $n$  технологий (подсистем). В отличие от концепции, предложенной в [32], в случае, если для  $i$ -ой и  $j$ -ой пары технологий (подсистем) интеграции не планируется, значению  $I_{ij}$  для этих конкретных технологий, присваивается уровень 0.

В целом уровень готовности системы  $C$  рассчитывается как среднее значение от нормализованных величин  $C_i$  разделенных на  $m_i$  — количество  $l$  технологий (подсистем) из матрицы уровня готовности технологий (подсистем) к интеграции в систему  $[I]_{n \times n}$ , взаимодействующих с  $i$ -й технологией (подсистемой) с учетом интеграции технологии (подсистемы) самой с собой, когда для  $I_{ij}$   $j$  равно  $i$  (количество значений  $I_{ij}$  в нормализованной матрице, не равных 0)

$$C = \frac{1}{n} \left( \frac{C_1}{m_1} + \frac{C_2}{m_2} + \dots + \frac{C_n}{m_n} \right) \quad (5)$$

И далее полученное и нормализованное значение уровня готовности системы  $C$ , сравнивается со справочной нормирующей шкалой, приведенной в ГОСТ Р 58048-2017. В результате применения данной методики уровень готовности (зрелости) любой системы будет находиться в диапазоне (0; 1). Определенное в результате применения методики значение  $C$  характеризует зрелость системы – чем ближе к максимальному значению диапазона находится рассчитанный  $C$ , тем более зрелой является система. Так, например, индекс  $C$ , находящийся в диапазоне (0,9 – 1) определяет уровень готовности (зрелости) системы как «применение и поддержка системы».

<sup>2</sup> ГОСТ Р 58048-2017. Трансфер технологий. Методические указания, по оценке уровня зрелости технологий. – М.: Стандартинформ, 2017.

### Методика определения уровня готовности систем к взаимодействию

Таким образом, используя параметры  $T_i$  уровень готовности технологии (подсистемы) в составе системы и  $I_{ij}$  уровень готовности к интеграции для  $i$ -ой и  $j$ -ой пары технологий (подсистем), характеризующие подсистемы, входящие в систему, можно определить итоговый результат как определенный уровень готовности (зрелости) конкретной системы. При разработке предлагаемой автором методики оценки уровня готовности систем к взаимодействию между собой использовался подход, впервые предложенный в [31].

Предлагаемая методика, используя в качестве входных параметров параметры систем и среды, обеспечивающей их взаимодействие, определяет уровень готовности этих систем к взаимодействию.

В работе [30] было предложено описание уровней готовности (зрелости) систем по соответствующим параметрам -  $Z_{jk}, D_{jk}, E_{jk}$ , а также определены 5 уровней готовности – от уровня 0 («неподготовленный») до уровня 4 («адаптивный»). В таблицах 1-3 приведены предложенные уровни готовности параметров:

уровня зрелости  $j$ -ой и  $k$ -ой систем к взаимодействию между собой  $Z_{jk}$ ;

уровня готовности  $j$ -ой и  $k$ -ой систем к взаимодействию по отношению к основным категориям систем  $D_{jk}$ ;

уровня готовности среды взаимодействия при взаимодействии  $j$ -ой и  $k$ -ой систем  $E_{jk}$ .

Причем для каждого уровня (от «неподготовленного» до «адаптивного») каждого параметра введен поддиапазон соответствующей численной оценки, находящейся в диапазоне (0; 1).

При этом 0 будет соответствовать совершенно неподготовленному уровню, а 1 – максимально адаптивному уровню.

Таблица 1 – Уровень готовности (зрелости) информационной системы взаимодействовать с другими системами

Уровень готовности (зрелости) системы	Описание	Численная оценка
Уровень 0. «Неподготовленный»	Система не имеет возможности или цели информационного взаимодействия с другими организациями	0,0 - 0,2
Уровень 1. «Определенный»	Система настроена таким образом, что ее отдельные элементы и компоненты могут ограниченно взаимодействовать с другими системами	0,2 – 0,4
Уровень 2. «Согласованный»	Система поддерживает общепринятые форматы данных, протоколы, интерфейсы и стандарты информационного взаимодействия, в рамках которых взаимодействует с другими системами	0,4 - 0,6
Уровень 3. «Организационный»	Система способна проводить самоадаптацию, в интересах организации более полного взаимодействия с другими, отличными от нее системами	0,6 - 0,8
Уровень 4. «Адаптивный»	Система способна гибко и динамично приспосабливаться при организации информационного взаимодействия	0,8 – 1,0

Таблица 2 – Уровни готовности системы к взаимодействию по отношению к категориям платформенных процессов, информационных процессов и служб, данных

Уровень готовности (зрелости) системы	Категория системы	Проявление технической интероперабельности	Численная оценка
Уровень 0. «Неподготовленный»	Платформенные процессы	«Выборочная» автоматизация, отсутствие в организации широкой ИТ-инфраструктуры и ИТ-платформ	0,0 - 0,2
	Инф. процессы	Ручные процессы без ИТ-поддержки	
	Инф. службы	Автономные сервисы и приложения	
	Данные	Устройства хранения и обработки данных не интегрированы друг с другом; обмен данными возможен только в ручном режиме	

Уровень готовности (зрелости) системы	Категория системы	Проявление технической интероперабельности	Численная оценка
Уровень 1. «Определенный»	Платформенные процессы	Установлена и используется базовая ИТ-инфраструктура и платформы	0,2 – 0,4
	Инф. процессы	Ограниченная ИТ-поддержка процессов лишь для информационного обмена узкого применения	
	Инф. службы	Присоединяемые службы и приложения. обеспечивают ситуационный обмен информацией	
	Данные	Присоединяемые устройства хранения данных, обеспечивающие простой электронный обмен данными	
Уровень 2. «Согласованный»	Платформенные процессы	Согласованная между собой или конфигурируемая ИТ-инфраструктура и платформы	0,4 - 0,6
	Инф. процессы	Согласуемые между собой технологические средства и платформы	
	Инф. службы	Согласуемая или конфигурируемая архитектура служб и интерфейсов	
	Данные	Подсоединяемые базы данных, основанные на стандартных протоколах	
Уровень 3. «Организационный»	Платформенные процессы	Открытая ИТ-инфраструктура, обеспечивающая взаимодействие между инфраструктурой системой и с другими платформами и системами	0,6 - 0,8
	Инф. процессы	Платформы и средства для совместного выполнения процессов	
	Инф. службы	Гармоничное комбинирование или гибкая организация работы служб, обеспечивающих взаимодействие между совместно используемыми приложениями	
	Данные	Удаленный доступ к базам данных приложений	
Уровень 4. «Адаптивный»	Платформенные процессы	Адаптируемые и реконфигурируемые ИТ-инфраструктуры и платформы	0,8 - 1,0
	Инф. процессы	Динамические и адаптивные средства обработки процессов	
	Инф. службы	Динамически компонуемые службы для сетевых приложений	
	Данные	Возможности прямого обмена базами данных и средства полного преобразования данных	

Как было показано в выражении (1), уровень готовности  $j$ -ой и  $k$ -ой систем к взаимодействию зависит от уровней зрелости этих систем, параметров готовности систем к взаимодействию, уровня готовности среды взаимодействия. В простейшем случае, уровень готовности  $j$ -ой и  $k$ -ой систем к взаимодействию между собой  $B_{jk}$  по аналогии с (5) можно представить как среднее значение параметров готовности систем к взаимодействию:

$$B_{jk} = \frac{c_j + c_k + z_{jk} + d_{jk} + e_{jk}}{m} \quad (6)$$

где  $m$  – количество параметров готовности систем к взаимодействию между собой, учитываемых в расчете, в нашем случае в рамках предложенной методики  $m=5$ . Рассчитанное таким образом значение уровня готовности систем к взаимодействию  $B_{jk}$  может сравниваться со шкалой определения уровней готовности систем к взаимодействию с целью определения уровня готовности интероперабельности двух систем, аналогично тому, как в соответствии со шкалой ГОСТа Р 58048-2017 сравнивается рассчитанный и нормализованный уровень готовности системы. Чем ближе к 1 рассчитанный уровень готовности систем к взаимодействию  $B_{jk}$ , тем более готовы к взаимодействию являются  $j$ -ая и  $k$ -ая системы.

Таблица 3 – Уровни готовности (зрелости) среды взаимодействия при организации обмена информацией между двумя информационными системами

Уровень готовности (зрелости) среды взаимодействия	Описание	Численная оценка
Уровень 0. «Неподготовленный»	Изолированная среда – среда взаимодействия приспособлена к обмену информацией только в ограниченном ручном режиме (в виде почтовой отправки отдельных документов, отправки/приема факсов и т.д.)	0,0 - 0,2
Уровень 1. «Определенный»	Связанная среда – информацией в среде взаимодействия можно обмениваться только посредством простого электронного обмена, например, сообщениями email	0,2 – 0,4
Уровень 2. «Согласованный»	Интегрированная среда – среда взаимодействия функционирует на основе общепринятых форматов (стандартов) данных, протоколов и интерфейсов, в соответствии с которыми все остальные системы могут адаптировать свои подсистемы или их компоненты	0,4 - 0,6
Уровень 3. «Организационный»	Унифицированная среда – среда взаимодействия использует метамодели, что позволяет интегрировать между собой различные гетерогенные информационные подсистемы	0,6 - 0,8
Уровень 4. «Адаптивный»	Обобщенная среда – среда взаимодействия не обладает заранее выбранным форматом или метамоделью, и вместо взаимодействия позволяет подбирать и динамически приспосабливать саму среду с использованием априорной информации о параметрах взаимодействия, типе и семантике информации	0,8 – 1,0

### Применение методики

Рассмотрим применение методики на примере оценки уровня готовности к взаимодействию двух систем: «Бонч.РИД» [33] и сервисом ФИПС «Подача заявки на изобретение, полезную модель, товарный знак, НМПТ/ПНМПТ» (далее – «Сервис ФИПС»). «Бонч.РИД» является кроссплатформенной программой автоматизированного мониторинга движения РИД в вузе и используется в СПбГУТ для учета результатов интеллектуальной деятельности, область её применения - учет результатов интеллектуальной деятельности и автоматизация связанного документооборота. В ближайших планах по её использованию – интеграция с информационной системой ФИПС в целях автоматической загрузки данных о регистрируемом РИД через «Сервис ФИПС».

Рассчитаем уровень готовности систем «Бонч.РИД» (система 1) и «Сервис ФИПС» (система 2) к взаимодействию  $V$ . Для этого вначале оценим уровень готовности соответствующих систем.

Система «Бонч.РИД» состоит из двух подсистем – подсистемы учета РИД (подсистема 1) и подсистемы ввода-вывода (подсистема 2). Из практики эксплуатации системы «Бонч.РИД» можно экспертно оценить, что уровень готовности подсистемы 1 имеет максимальное значение, т.е.  $T_1 = 9$ , а уровень готовности подсистемы ввода вывода принять как  $T_2 = 6$ . Таким образом, матрица готовности системы «Бонч.РИД» выглядит как:

$$T_1 = \begin{bmatrix} 9 \\ 6 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

а нормализованная матрица готовности системы «Бонч.РИД», (значения матрицы делятся на 9 в соответствии с ГОСТ Р 58048-2017) как:

$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0,667 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Подсистемы 1 и 2 в составе системы «Бонч.РИД» полностью интегрированы между собой, т.е.:

$$I_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Таким образом, в соответствии с (4):

$$C_1 = [I] \times [T] = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0,667 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,667 \\ 1,667 \end{bmatrix}. \quad (10)$$

В соответствии с (5) получаем, что нормализованное значение готовности системы «Бонч.РИД»  $C_1=0,83$ , и в соответствии со шкалой ГОСТ Р 58048-2017 система «Бонч.РИД» находится на стадии «Производство системы».

Система 2 «Сервис ФИПС» функционирует в режиме промышленной эксплуатации, приспособлена и готова к интеграции, таким образом, примем нормализованное значение готовности системы «Сервис ФИПС» как  $C_2=1$ .



В таблице 4 приведены полученные данные, а также внесены экспертные численные оценки параметров готовности систем к взаимодействию.

Таблица 4 – Параметры готовности систем «Бонч.РИД» и «Сервис ФИПС» к взаимодействию между собой

Параметр	Описание	Численная оценка
$C_1$	Производство системы	0,83
$C_2$	Применение и поддержка системы	1
$Z_{12}$	Системы поддерживают общепринятые форматы данных, протоколы, интерфейсы и стандарты информационного взаимодействия, в рамках которых взаимодействуют	0,6
$D_{12}$	Открытая ИТ-инфраструктура, обеспечивающая взаимодействие между системами. Имеются средства для совместного выполнения информационных процессов. Гибкая организация работы служб, обеспечивающих взаимодействие между совместно используемыми приложениями. Существует возможность удаленного доступа к базам данных приложений.	0,7
$E_{12}$	Обобщенная среда – взаимодействие систем идет через сеть Интернет. Среда взаимодействия не обладает заранее выбранным форматом или метамоделью, и вместо взаимодействия позволяет подбирать и динамически приспосабливать саму среду.	1

На рисунке 3 приведено графическое отображение параметров готовности систем к взаимодействию.

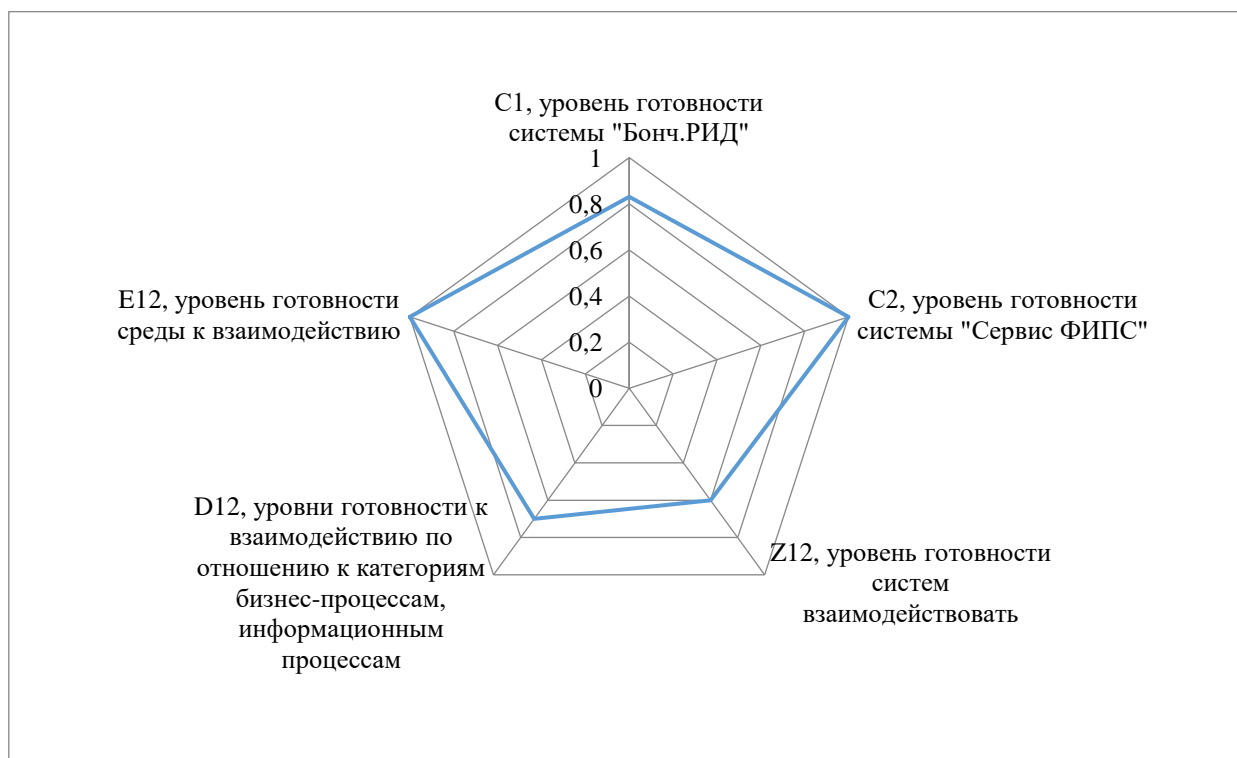


Рис. 3. Графическое отображение параметров готовности систем «Бонч.РИД» и «Сервис ФИПС» к взаимодействию между собой

Применив выражение (6), получим значение уровня готовности систем «Бонч.РИД» и «Сервис ФИПС» к взаимодействию:

$$B = \frac{0,83+1+0,6+0,7+1}{5} = 0,83. \quad (11)$$

Ранее было показано, что чем ближе к 1 рассчитанный уровень готовности систем к взаимодействию  $B_{jk}$ , тем более готовыми к взаимодействию являются  $j$ -ая и  $k$ -ая системы. В нашем случае полученное значение

попадает в диапазон 0,8 – 1, то есть системы имеют достаточно высокий уровень готовности к взаимодействию, который можно обозначить как «Адаптивный».

### **Заключение**

В данной работе представлены параметры, основываясь на которых можно оценить готовность систем к взаимодействию между собой (интероперабельности) на техническом уровне, а также предложена разработанная методика расчета уровня готовности систем к такому взаимодействию.

Новизна методики заключается в том, что она, в отличие от ранее известных работ [31-32], учитывает факторы, влияющие на уровень интероперабельности систем, такие, как уровень зрелости систем к взаимодействию между собой, уровень готовности систем к взаимодействию по отношению к основным категориям систем и уровень готовности среды взаимодействия.

Предложенная методика может служить базой для дальнейших исследований, проводимых в целях повышения уровня интероперабельности при взаимодействии информационных систем на техническом, а также на семантическом и организационном уровнях. Представляется актуальным использовать элементы предложенной методики при оценке уровня технической интероперабельности по другим параметрам и аспектам, использованным в [30], в том числе по параметрам совместимости сетевых протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания.

В ходе дальнейших исследований целесообразно рассмотреть задачи применения предложенных и разработки новых элементов научно-методического аппарата, обеспечивающих повышение качества интероперабельности на техническом уровне при взаимодействии различных подсистем информационных систем и их компонентов на семантическом и организационном уровнях.

### **Благодарности**

Автор выражает благодарность доктору технических наук, доценту С.И. Макаренко за множество ценных советов, которые способствовали улучшению качества работы, а также людям, которые помогали и поддерживали автора в ходе подготовки статьи: кандидату технических наук, доценту А.Г. Владыко и кандидату физико-математических наук, доценту П.В. Плотникову.

## **Список литературы**

---

1. Winter, A., Ammenwerth, E., Haux, R., Marschollek, M., Steiner, B., Jahn, F. Technological Perspective: Architecture, Integration, and Standards. In: Health Information Systems. Health Informatics, 2023.
2. González-García, J., Estupiñán-Romero, F., Tellería-Orrriols, C. et al. Coping with interoperability in the development of a federated research infrastructure: achievements, challenges and recommendations from the JA-InfAct, 2021.
3. Ølnes, S. Interoperability in Public Sector: How Use of a Lightweight Approach Can Reduce the Gap between Plans and Reality. In: Wimmer, M.A., Chappelet, J.L., Janssen, M., Scholl, H.J. (eds) Electronic Government. EGOV 2010. Lecture Notes in Computer Science, vol 6228, 2010.
4. Krimmer, Robert & Prentza, And & Mamrot, Szymon. The Once-Only Principle The TOOP Project: The TOOP Project, 2021.
5. Rubinfeld, D. Data portability and interoperability: An E.U.-U.S. comparison, 2023.
6. Costa Fernandes, Juliana & Oliveira, Lucas & Graciano Neto, Valdemar & dos Santos, Rodrigo & Angarita, Rafael & Guehis, Sonia & Cardinale, Yudith. PIS: Interoperability and Decision-Making Process, 2022.
7. Kharche, Shubhangi & Dere, Prajakta. Interoperability Issues and Challenges in 6G Networks, 2022.
8. Hernando Jimenez and Dimitri N. Mavris Characterization of Technology Integration Based on Technology Readiness Levels, 2014
9. S. Yasserli, Subsea system readiness level assessment, 2013.
10. Гончаров Н. Г., Гулиев Я. И. О., Гуляев Ю. В., Кавинская Ю. М., Каменщиков А. А., Олейников А. Я., Хаткевич М. И. Вопросы создания единого информационного пространства в системе здравоохранения РАН // Информационные технологии и вычислительные системы. 2006. № 4. С. 83-95.
11. Анциперов В. Е., Каменщиков А. А., Кочуков А., Никитов Д. С., Олейников А. Я. Функциональная стандартизация при создании медицинских информационных систем // Врач и информационные технологии. 2006. № 4. С. 15-18.
12. Олейников А. Я., Разинкин Е. И. Профиль интероперабельности в области электронной коммерции // Информационные технологии и вычислительные системы. 2013. № 4. С. 74-79.
13. Олейников А. Я., Меркулова А. В. К вопросу о построении интегрированной корпоративной

- информационной среды вуза // Журнал радиоэлектроники. 2005. № 5. С. 4. – URL: <http://jre.cplire.ru/iso/nov05/2/text.html> (дата доступа: 03.03.2023).
14. Батоврин В. К., Васютович В. В., Журавлев Е. Е., Олейников А. Я., Петров А. Б., Соколов С. А., Теряев Е. Д. Построение профиля информационных, вычислительных и телекоммуникационных ресурсов для обеспечения фундаментальных исследований // Журнал радиоэлектроники. 2001. № 11. С. 8. – URL: <http://jre.cplire.ru/koi/dec01/8/text.html> (дата доступа: 03.03.2023).
15. Журавлев Е. Е., Иванов С.В., Каменщиков А. А., Олейников А. Я., Разинкин Е. И., Рубан К. А. Интероперабельность в облачных вычислениях // Журнал радиоэлектроники. 2013. № 9. С. 14.
16. Олейников А. Я., Егоров Г. А., Журавлев Е. Е., Королев А. С., Кочуков А. Н., Широбокова Т. Д. Применение технологии открытых систем для создания интегрированных информационных систем промышленных предприятий // Радиопромышленность. 2006. № 2. С. 90-107.
17. Башлыкова А. А., Каменщиков А. А., Олейников А. Я. О подходах к разработке профилей интероперабельности в военной области // Информационные технологии и вычислительные системы. 2017. № 4. С. 112-121.
18. Каменщиков А. А., Олейников А. Я., Чусов И. И., Широбокова Т. Д. Проблема интероперабельности в информационных системах военного назначения // Журнал радиоэлектроники. 2016. № 11. С. 16.
19. Башлыкова А. А., Каменщиков А. А., Олейников А. Я. Обеспечение интероперабельности как средства бесшовной интеграции функциональных подсистем в составе перспективных автоматизированных систем военного назначения // Журнал радиоэлектроники. 2018. № 9. С. 18.
20. Быстров Р. П., Корниенко В. Н., Олейников А. Я. Интероперабельность, информационное противоборство и радиоэлектронная борьба // Успехи современной радиоэлектроники. 2018. № 5. С. 15-34.
21. Дроговоз В.А. Совершенствование оценки показателей интероперабельности сложных систем при помощи сценарного моделирования // Сборник трудов XXIX Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь», посвященной 70-летию кафедры радиофизики ВГУ (г. Воронеж, 18–20 апреля 2023 г.). Том 5. – Воронеж: ВГУ, 2023. – С. 361-369.
22. Дроговоз В.А. Обеспечение интероперабельности электронного здравоохранения в условиях цифровой трансформации экономики России // Сборник трудов XII Международной научной конференции «ИТ-Стандарт 2023». – М.: Издательство «Проспект», 2023. – С. 89-97.
23. Дроговоз В.А. Концептуальные аспекты обеспечения интероперабельности электронного здравоохранения в условиях цифровой трансформации экономики России // ИТ-стандарт. 2023. №2. С. 51-61.
24. Олейников А.Я., Растягаев Д.В., Фомин И.А. Основные положения концепции обеспечения интероперабельности сетцентрических информационно-управляющих систем // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2020. № 3. С. 122–131. DOI:10.25586/RNU.V9187.20.03.P.122
25. Олейников А.Я. Актуальное состояние проблемы интероперабельности // ИТ-Стандарт. 2020. № 2(23). С. 37–42.
26. Козлов С.В. Процессные аспекты интероперабельности интегрированных систем управления // ИТ-Стандарт. 2019. № 1(18). С. 25–30.
27. Башлыкова А.А., Зацаринный А.А., Каменщиков А.А., Козлов С.В., Олейников А.Я., Чусов И.И. Интероперабельность как научно-методическая и нормативная основа бесшовной интеграции информационно-телекоммуникационных систем // Системы и средства информатики. 2018. Т. 28. № 4. С. 61–72. DOI:10.14357/08696527180407
28. Башлыкова А.А., Гаджикулиев Т.А., Олейников А.Я. Решение проблемы интероперабельности в проектах «умного города» // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15. № 3. С. 767–774. DOI:10.25559/SITITO.15.201903.767-774
29. Макаренко С.И. Интероперабельность человеко-машинных интерфейсов. СПб.: Научное издание, 2023. 185 с.
30. Макаренко, С. И. Интероперабельность организационно-технических систем / С. И. Макаренко. – Санкт-Петербург: Научное издание, 2024. – 313 с.
31. Sauser, B., Verma, D., Ramirez-Marquez, J. and Gove, R. From TRL to SRL: the concept of systems readiness levels, 2006.
32. B. Sauser, J. Ramirez-Marquez, D. Henry and D. DiMarzio, A System Maturity Index for the Systems Engineering Life Cycle, 2008.
33. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660896 Российская

Федерация. Программа автоматизированного мониторинга движения РИД в вузе "Бонч.РИД": № 2022619303: заявл. 20.05.2022: опублик. 10.06.2022 / В. М. Проценков, О. И. Широпагин, Д. В. Волошинов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича».

## References

---

1. Winter, A., Ammenwerth, E., Haux, R., Marscholke, M., Steiner, B., Jahn, F. Technological Perspective: Architecture, Integration, and Standards. In: Health Information Systems. Health Informatics, 2023.
2. González-García, J., Estupiñán-Romero, F., Tellería-Oriols, C. et al. Coping with interoperability in the development of a federated research infrastructure: achievements, challenges and recommendations from the JA-InfAct, 2021.
3. Ølnes, S. Interoperability in Public Sector: How Use of a Lightweight Approach Can Reduce the Gap between Plans and Reality. In: Wimmer, M.A., Chappellet, J.L., Janssen, M., Scholl, H.J. (eds) Electronic Government. EGOV 2010. Lecture Notes in Computer Science, vol 6228, 2010.
4. Krimmer, Robert & Prentza, And & Mamrot, Szymon. The Once-Only Principle The TOOP Project: The TOOP Project, 2021.
5. Rubinfeld, D. Data portability and interoperability: An E.U.-U.S. comparison, 2023.
6. Costa Fernandes, Juliana & Oliveira, Lucas & Graciano Neto, Valdemar & dos Santos, Rodrigo & Angarita, Rafael & Guehis, Sonia & Cardinale, Yudith. PIS: Interoperability and Decision-Making Process, 2022.
7. Kharche, Shubhangi & Dere, Prajakta. Interoperability Issues and Challenges in 6G Networks, 2022.
8. Hernando Jimenez and Dimitri N. Mavris Characterization of Technology Integration Based on Technology Readiness Levels, 2014
9. S. Yasserli, Subsea system readiness level assessment, 2013.
10. Goncharov N. G., Guliyev YA. I. O., Gulyayev YU. V., Kavinskaya YU. M., Kamenshchikov A. A., Oleynikov A. YA., Khatkevich M. I. Voprosy sozdaniya yedinogo informatsionnogo prostranstva v sisteme zdravookhraneniya RAN // Informatsionnyye tekhnologii i vychislitel'nyye sistemy. 2006. № 4. S. 83-95.
11. Antsiperov V. Ye., Kamenshchikov A. A., Kochukov A., Nikitov D. S., Oleynikov A. YA. Funktsional'naya standartizatsiya pri sozdanii meditsinskikh informatsionnykh sistem // Vrach i informatsionnyye tekhnologii. 2006. № 4. S. 15-18.
12. Oleynikov A. YA., Razinkin Ye. I. Profil' interoperabel'nosti v oblasti elektronnoy kommertsii // Informatsionnyye tekhnologii i vychislitel'nyye sistemy. 2013. № 4. S. 74-79.
13. Oleynikov A. YA., Merkulova A. V. K voprosu o postroyenii integrirovannoy korporativnoy informatsionnoy sredy vuza // Zhurnal radioelektroniki. 2005. № 5. S. 4. – URL: <http://jre.cplire.ru/iso/nov05/2/text.html> (data dostupa: 03.03.2023).
14. Batovrin V. K., Vasyutovich V. V., Zhuravlev Ye. Ye., Oleynikov A. YA., Petrov A. B., Sokolov S. A., Teryayev Ye. D. Postroyeniye profilya informatsionnykh, vychislitel'nykh i telekommunikatsionnykh resursov dlya obespecheniya fundamental'nykh issledovaniy // Zhurnal radioelektroniki. 2001. № 11. S. 8. – URL: <http://jre.cplire.ru/koi/dec01/8/text.html> (data dostupa: 03.03.2023).
15. Zhuravlev Ye. Ye., Ivanov S.V., Kamenshchikov A. A., Oleynikov A. YA., Razinkin Ye. I., Ruban K. A. Interoperabel'nost' v oblachnykh vychisleniyakh // Zhurnal radioelektroniki. 2013. № 9. S. 14.
16. Oleynikov A. YA., Yegorov G. A., Zhuravlev Ye. Ye., Korolev A. S., Kochukov A. N., Shirobokova T. D. Primeneniye tekhnologii otkrytykh sistem dlya sozdaniya integrirovannykh informatsionnykh sistem promyshlennykh predpriyatiy // Radiopromyshlennost'. 2006. № 2. S. 90-107.
17. Bashlykova A. A., Kamenshchikov A. A., Oleynikov A. YA. O podkhodakh k razrabotke profiley interoperabel'nosti v voyennoy oblasti // Informatsionnyye tekhnologii i vychislitel'nyye sistemy. 2017. № 4. S. 112-121.
18. Kamenshchikov A. A., Oleynikov A. YA., Chusov I. I., Shirobokova T. D. Problema interoperabel'nosti v informatsionnykh sistemakh voyennogo naznacheniya // Zhurnal radioelektroniki. 2016. № 11. S. 16.
19. Bashlykova A. A., Kamenshchikov A. A., Oleynikov A. YA. Obespecheniye interoperabel'nosti kak sredstva besshovnoy integratsii funktsional'nykh podsistem v sostave perspektivnykh avtomatizirovannykh sistem voyennogo naznacheniya // Zhurnal radioelektroniki. 2018. № 9. S. 18.
20. Bystrov R. P., Korniyenko V. N., Oleynikov A. YA. Interoperabel'nost', informatsionnoye protivoborstvo i

radioelektronnaya bor'ba // Uspekhi sovremennoy radioelektroniki. 2018. № 5. S. 15-34.

21. Drogovoz V.A. Sovershenstvovaniye otsenki pokazateley interoperabel'nosti slozhnykh sistem pri pomoshchi stsenarnogo modelirovaniya // Sbornik trudov XXIX Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Radiolokatsiya, navigatsiya, svyaz», posvyashchenoy 70-letiyu kafedry radiofiziki VGU (g. Voronezh, 18–20 aprelya 2023 g.). Tom 5. – Voronezh: VGU, 2023. – S. 361-369.

22. Drogovoz V.A. Obespecheniye interoperabel'nosti elektronnoy zdravookhraneniya v usloviyakh tsifrovoy transformatsii ekonomiki Rossii // Sbornik trudov XII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «IT-Standart 2023». – M.: Izdatel'stvo «Prospekt», 2023. – S. 89-97.

23. Drogovoz V.A. Kontseptual'nyye aspekty obespecheniya interoperabel'nosti elektronnoy zdravookhraneniya v usloviyakh tsifrovoy transformatsii ekonomiki Rossii // IT-standart. 2023. №2. S. 51-61.

24. Oleynikov A.YA., Rastyagayev D.V., Fomin I.A. Osnovnyye polozheniya kontseptsii obespecheniya interoperabel'nosti setentsentricheskikh informatsionno-upravlyayushchikh sistem // Vestnik Rossiyskogo novogo universiteta. Seriya: Slozhnyye sistemy: modeli, analiz i upravleniye. 2020. № 3. S. 122–131. DOI:10.25586/RNU.V9187.20.03.P.122

25. Oleynikov A.YA. Aktual'noye sostoyaniye problemy interoperabel'nosti // IT-Standart. 2020. № 2(23). S. 37–42.

26. Kozlov S.V. Protsessnyye aspekty interoperabel'nosti integrirovannykh sistem upravleniya // IT-Standart. 2019. № 1(18). S. 25–30.

27. Bashlykova A.A., Zatsarinnyy A.A., Kamenshchikov A.A., Kozlov S.V., Oleynikov A.YA., Chusov I.I. Interoperabel'nost' kak nauchno-metodicheskaya i normativnaya osnova besshovnoy integratsii informatsionno-telekommunikatsionnykh sistem // Sistemy i sredstva informatiki. 2018. T. 28. № 4. S. 61–72. DOI:10.14357/08696527180407

28. Bashlykova A.A., Gadzhikuliyyev T.A., Oleynikov A.YA. Resheniye problemy interoperabel'nosti v proyektakh «umnogo goroda» // Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovaniye. 2019. T. 15. № 3. S. 767–774. DOI:10.25559/SITITO.15.201903.767-774

29. Makarenko S.I. Interoperabel'nost' cheloveko-mashinnykh interfeysov. SPb.: Naukoyemkiye tekhnologii, 2023. 185 s.

30. Makarenko, S. I. Interoperabel'nost' organizatsionno-tekhnicheskikh sistem / S. I. Makarenko. – Sankt-Peterburg : Naukoyemkiye tekhnologii, 2024. – 313 s.

31. Sauser, B., Verma, D., Ramirez-Marquez, J. and Gove, R. From TRL to SRL: the concept of systems readiness levels, 2006.

32. B. Sauser, J. Ramirez-Marquez, D. Henry and D. DiMarzio, A System Maturity Index for the Systems Engineering Life Cycle, 2008.

33. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2022660896 Rossiyskaya Federatsiya. Programma avtomatizirovannogo monitoringa dvizheniya RID v vuze "Bonch.RID": № 2022619303: zayavl. 20.05.2022: opubl. 10.06.2022 / V. M. Proshchenkov, O. I. Shiropatin, D. V. Voloshinov; zayavitel' Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya «Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet telekommunikatsiy im. prof. M.A. Bonch-Bruyevicha».